

Afstandsmeting in de sterrenkunde

Werkcollege

Marc van der Sluys
Universiteit Utrecht, Nikhef

23 maart 2026

De slides van het college van vandaag (en een pdf-versie van deze opgaven) zijn te vinden op <https://hemel.waarnemen.com/lezingen/>

Gebruik de theorie van het college als input voor deze opgaven!



Inhoudsopgave

1 Opgaven	1
1.1 Parallax van nabije sterren	1
1.2 Afstandsbepaling met behulp van Cepheïden	1
1.3 De uitdijing van het heelal	2
1.4 Een ver sterrenstelsel	2
2 Bonusvragen	2
2.1 De massa van de Aarde	2
2.2 De massa van de Zon	2

1 Opgaven

1.1 Parallax van nabije sterren

De ster δ Cephei is de naamgever van de klasse van variabele sterren die we Cepheïden noemen. De Gaiasatelliet heeft de parallax van deze ster gemeten als circa 3.66 milliboogseconden. De gemiddelde visuele flux op Aarde gemeten is $f_V \approx 9.12 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$ en de pulsperiode is $P \approx 5.366270$ dagen.¹

1. Bereken de afstand tot δ Cephei in parsec uit de parallax. Hoe lang is het licht van deze ster op weg naar de Aarde?
2. Bereken de lichtkracht van deze ster met behulp van de $P - L$ -relatie voor Cepheïden.
3. Bereken de afstand tot δ Cephei uit de waargenomen flux. Wat is je conclusie?

1.2 Afstandsbepaling met behulp van Cepheïden

De tabel hieronder toont de gemeten periodes en visuele fluxen van Cepheïden in het sterrenstelsel NGC 3370.

1. Kies een Cepheïde en bereken zijn lichtkracht in de V-band L_V .

¹Bron: https://www.astro.utoronto.ca/DDO/research/cepheids/table_physical.html

2. Bereken de afstand tot NGC 3370. Hoe lang is het licht van dit sterrenstelsel onderweg naar ons?
3. (Herhaal dit voor een tweede Cepheïde met een duidelijk andere periode. Hoe nauwkeurig is deze methode?)

	P (dagen)	$\log f_V/(W/m^2)$
0	60.68	-18.85
5	88.25	-18.90
6	17.46	-19.37
7	19.21	-19.43
10	16.22	-19.51

(Bron: https://cepheids.konkoly.hu/upl.php?gal_id=28)

1.3 De uitdijning van het heelal

We kunnen de roodverschuiving van NGC 3370 meten: $z = 0.004273$.²

1. Met welke radiële snelheid komt dit overeen? Neem aan dat $v \ll c$.
2. Deze snelheid is ten opzichte van de Zon. Om te corrigeren voor de ruimtelijke beweging van de Zon door het heelal moeten we hier 335 km/s optellen.³ Bereken de Hubbleconstante uit deze ene meting.
3. Hoe goed is je resultaat? Waardoor zou dit kunnen worden beïnvloed?

1.4 Een ver sterrenstelsel

Het ververwijderde sterrenstelsel JADES-GS-z14-0 heeft een roodverschuiving $z \approx 14.3$.

1. Hoe oud was het heelal toen het licht vertrok? Welke fractie van de huidige leeftijd van het heelal is dat?
2. Hoe lang is het licht onderweg geweest naar de Aarde?
3. Op welke afstand zien we dit sterrenstelsel?
4. Welke fractie van zijn huidige grootte (in volume) had het heelal toen?

2 Bonusvragen

2.1 De massa van de Aarde

In 1797–1798 bepaalde de Engelsman Henry Cavendish de zwaartekrachtconstante G in een experiment waarin hij de zwaartekracht van zware bollen op lichte bollen mat. Hij drukte het resultaat uit als de gemiddelde dichtheid van de Aarde: circa 5,5 keer die van water: $\bar{\rho}_{\oplus} \approx 5.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

1. Schrijf de massa van de Aarde $M_{\oplus}$ als functie van haar straal $R_{\oplus}$ en gemiddelde dichtheid $\bar{\rho}_{\oplus}$.
2. Bereken de massa van de Aarde $M_{\oplus}$ in kilogrammen.

2.2 De massa van de Zon

De valversnelling op het aardoppervlak wordt gemeten als $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

1. Schrijf g als functie van de massa en straal van de Aarde, met behulp van Newtons 2e bewegingswet en zijn zwaartekrachtwet op een testmassa m .

²<https://ned.ipac.caltech.edu/byname?objname=NGC+3370>

³Ons Melkwegstelsel beweegt met circa 600 km/s richting de *Great Attractor*, een dichte verzameling van sterrenstelsels op circa 50–80 Mpc afstand. Ook andere nabije sterrenstelsels worden hierdoor beïnvloed. De Zon beweegt op haar beurt met circa 220 km/s rond het centrum van ons Melkwegstelsel.

2. Los hieruit G op, en schrijf dit als functie van g , $M_{\oplus}$ en $R_{\oplus}$.
3. Substitueer de uitdrukking uit vraag 2.1.1 in die uit vraag 2.1.2.
4. Los de massa van de Zon $M_{\odot}$ op uit de wet van Kepler, en schrijf dit als functie van a , G en P .
5. Substitueer de uitdrukking van vraag 3 in die van vraag 4.
6. Bereken $M_{\odot}$ in kilogrammen.